I. S. STEKOLJNIKOV

MUNJA I GROM

PROSVJETNA
KNJIŽNICA
SELJAČKE
SLOGE
1948

17

7887

PROSVJETNA KNJIŽNICA »SELJAČKE SLOGE«

	B. Voroncov-Veljaminov: Ima li života na planetima	4.—
2.	Milan Kaman: Biljka i životinja	5.—
3.	Branko Božić: Naše tijelo	5.—
4.	Dr. Gabrijel Divjanović: Zemlja i svemir	5.—
5.	Vladimir Deduš: O svijetlu	5.—
6.	Lala Roglić: Kako para pokreće mašinu	5.50
7.	Dr. Gabrijel Divjanović: Postanak zemlje i života	4.—
8.	Ehrlich: Postanak domaćih životinja	4.—
9.	Valdgard: Prirodne sile u službi čovjeka	8.—
10.	Božić: Svijet nevidljivih bića	3 50
11.	Kaman: Kako nastaje novi život	4.—
12.	Blašković: Lijepa naša domovina	5.—
13.	Kulundžić: Kako izgleda naša zemlja	4.50
14.	L. D. Dolžanski: Dva priroda krmnog bilja u jednoj godini	

I. S. STEKOLJNIKOV

MUNJA I GROM

SELJAČKA SLOGA
ZAGREB 1948

PROSVJETNA KNJIŽNICA
SELJAČKE SLOGE

17

UVOD

Sparno je ljetno podne. Iznenada je nebo potamnjelo. Osjetila se struja svježine. Udarac je vjetra uzvitlao prašinu i ponio je niz ulicu. Nakon nekoliko časaka pale su i prve kapi kiše na zemlju, ostavljajući u prašini velike tamne mrlje.

Kiša postaje sve jača i evo, već pada u snažnim mlazovima tvoreći pravu vodenu zavjesu. Najedamput na olovnom nebu bljesnu vijugava crvena vrpca... Munja! Udarila je negdje u blizni, i za sekundu se ili dvije pronio zvuk, kao da je u blizini grunula topovska paljba. Još nekoliko munja, nekoliko snažnih udaraca groma, i kiša je prestala. Nebo se razvedrilo — oluja je prošla.

Tutnjava groma i jarki plamsaj munja ulijevali su nekad ljudima strah. Promatrajući razorno djelovanje munja praznovjerni je čovjek, pun predrasuda, smatrao da munju izazivaju bogovi ili moćne sile, i da munja »za kaznu« unakažuje ljude i sažiže njihovu krv. Pričaju starogrčke legende da glavni grčki bog gromovnik Zeus u svojoj srdžbi baca na zemlju ognjene strijele — munje. U ruskom se vjerovanju držalo da olujom upravlja »Ilija Prorok«, koji svojim kolima juri nebom.

No ipak, usprkos straha od munje, ljudi su već u najdavnija vremena promatrali i proučavali ovu strašnu i prekrasnu prirodnu pojavu. A zahvaljujući samoprijegornom radu naučenjaka, munja i grom, te najzanimljivije prirodne pojave, danas su već potpuno naučno objašnjene. I nema u njima ništa tajanstveno, niti tu sudjeluju neke božanske sile. A učenjaci mogu i umjetnim putem stvoriti munju u svojim laboratorijima, naravno u nevelikim razmjerima. I svaki čitatelj ove knjige, kako ćemo to dalje pokazati, može izvesti male munje.

Ljudi nisu samo iz radoznalosti nastojali proučiti munju, nego su se htjeli s njome uhvatiti u koštac i pobijediti je. Nepobijeđena je munja vrlo opasna. Ona može ubiti čovjeka, srušiti zgrade, izazvati požare, uzrokujući milijunske štete i može stvoriti teške kvarove na električnim instalacijama, prekidajući prenos struje. A sve to narušava normalni život i rad ljudi.

Zato su ljudi nastojali da upoznaju munju, kako bi se mogli s njome boriti, jer bez znanja

je nemoguće pobijediti. »Sve se postizava znanjem pa i pobjeda« rekao je Maksim Gorki.

U toj ćemo knjižici prikazati, kako nastaje munja i grom, kakovu štetu može munja prouzročiti, i kako ćemo se braniti od njenog razornog djelovanja. Počet ćemo od osnovnih pojmova o elektriciteti, bez kojih daljni izvodi čitatelju ne bi bili jasni.

I. NEKI POJMOVI O ELEKTRICITETI

1. Munja i električna iskra

Prije 2.500 godina primijetio je grčki naučenjak Tales iz grada Mileta, da jantar (žuta smola, koja se upotrebljava za ukrase), ako se natare krznom, može privlačiti lake predmete, na pr. vlakanca ili slamke. Jantar se grčki kaže elektron, pa otuda elektriciteta i izvodi svoje ime.

Zatim su ljudi pronašli, da slična svojstva poput jantara imadu i neki drugi predmeti, kao na pr. staklo, ebonit (stvar od koje se prave češljevi, gramofonske ploče i slično) ako se natar u vunom, svilom ili krznom. Kaže se tada da su ti predmeti elektrizirani.

Ebonitni se češalj može nabiti električnom strujom, ako njime češljamo kosu. Tko je vidio kako se u tami češljaju čiste i suhe vlasi, primijetio je i modrikaste iskre i čuo njihovo pucketanje.

Prvi stroj koji je čovjek načinio u svrhu dobivanja elektricitete (to je bilo koncem XVII. vijeka) bila je staklena kugla, koja se vrtjela na željeznoj osi. Kad su suknom natrljali kuglu, koja se vrtjela na osovini, i kad su je se zatim dotaknuli, to se u tami između ruke i kugle vidjela iskra i čuo se njen prasak, a kod brzog su se okretaja kugle vidjele mnoge iskrice. U početku se čini začudnim da te malene iskrice i tiho pucketanje imadu isto porijeklo kao i silna munja i grom koji je prati. Ali tako jest. Prije dvjesta godina ustanovili su naučenjaci definitivno da je munja električna iskra.

To je prvi dokazao 1752. godine znameniti američki učenjak i društveni radnik Benjamin Franklin. U ljetu 1752. godine vidjeli su stanovnici amerikanskog grada Filadelfije čudnu sliku: dva su odrasla čovjeka — jednom je bilo oko 45 godina, a drugi je bio mladić — sklonivši se pod jedan krov, puštali zmaja. To su bili Franklin i njegov sin. Na kraju konopca zmaja, koji je svilenom vrpcom bio pričvršćen o stup, otac i sin su privezali teški željezni ključ vrtnih vratiju. Otac je samo sina uveo u tajnu svojih istraživanja, zaštitivši se na taj način od zlobnih poruga u slučaju neuspjeha. On je uzbuđeno stajao kraj zmaja, i čekao rezultat pokusa — zaključak svojih dugogodišnjih istraživanja. U to se nadvio oblak i prošao. Nikakovih rezultata i nikakove elektricitete nije bilo.

No najedamput su se vlakna vrpce nategnula kao što se to dešavalo kod Franklinovih pokusa u laboratoriju. Brzo je približio prst ključu i potres koji je dobio od preskakivanja silne električne iskre, bio mu je najprijatniji osjećaj, koji je ikada doživio.

Konačno je postigao ono za čim je tako uporno težio. To je otkriće uzbudilo cijeli naučni svijet tog vremena. Blijeda iskrica praćena slabim praskom postala je kao grom za čitav svijet i dokazala da je munja električno ispražnjenje. Franklin kao da je skinuo munju s neba i oteo je tajnim »nezemaljskim silama«.

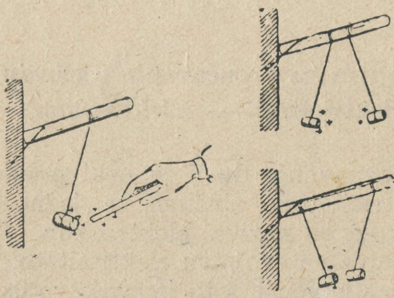
Iste je godine veliki ruski učenjak Mihajlo Vasiljević Lomonosov, odazivajući se na otkriće Franklina, ovako opisao sličnost između iskre dobivene trenjem staklene kugle i munje:

»Staklena kugla u vrtnji daje udarce i bljesak
i stvara poput groma svjetlucanje i tresak.
Um se začudio sličnosti, no znanja još ne imaše dosta
i do prije godinu dana o svem tom još u sumnji osta.
Al' tada se iznenada pronio svijetom glas
da je i od munje čovjek našao spas!
Da je ista sila koja tamu oluje izaziva
kao i ona koja se iz stakla trenjem dobiva.
I poznajući pravila proučena na staklu,
od kuća naših možemo lako odvratiti munju . . .«

2. Dvije vrste elektricitete

Izvodeći razne pokuse s elektricitetom, ljudi su objasnili njena osnovna svojstva, a prije svega oni su otkrili da postoje dvije vrste elektricitete. Jedna se postizava kad krznom taremo staklo, dragocjeno kamenje i neke druge tvari, pa su tu vrstu elektricitete nazvali staklenom. Druga se pak vrsta elektricitete postizava trenjem jantara, smole i niza drugih tvari, a tu su vrstu elektricitete nazvali smolnom. Sada su u nauci prihvaćeni drugi nazivi za staklenu i smolnu elektricitetu, pa se ona prve vrste zove pozitivnom, a druga negativnom. Prihvaćeno je u nauci, da se pozitivna elektriciteta označuje znakom »+« a negativna »—«. Takove ćemo oznake upotrebljavati i u crtežima ove knjige. Elektriciteta ove ili one vrste odbija elektricitetu iste vrste, a privlači onu drugu vrste. I to je veoma važno svojstvo elektricitete. Evo, kako se to jednostavnim pokusima može provjeriti:

Na čavao koji je zabijen u zidu nataknemo čistu i suhu staklenu cjevčicu, a na njen kraj objesimo komadić čepa na svilenoj niti. Tad nataremo stakleni štap krznom ili tvrdim papirom. Na staklu će se pojaviti pozitivna elektriciteta. Zatim približimo stakleni štap čepu. U tom času prelazi dio elektricitete sa štapića na čep. Sad se na čepu i na kraju staklenog štapa nalazi elektriciteta iste vrste, t. j. pozitivna, i čep će odskočiti od štapa. Objesimo li sada na staklenu cjevčicu dva čepa na svilenim nitima i dotaknemo li se oba čepa natrtim staklenim štapom, oni će dobiti jednaku pozitivnu elektricitetu, ili kao što se kaže, oni će biti nabijeni pozitivnim elektricitetom, i odbit će jedan drugoga. (Sl. 1., desno gore). Isto će se desiti nabijemo li oba čepa negativnom elektricitetom sa



Sl. 1.

Pokusi s elektricitetom.

Lijevo: čep nabijen elektricitetom sa staklenog štapa, odbija se od štapa. Desno gore: dva se čepa, nabijeni elektricitetom sa staklenog štapa odbijaju jedan od drugoga. Desno dolje: ako je jedan čep nabijen elektricitetom sa staklenog, a drugi sa smolnatog štapa, to će se oni privlačiti.

smolnog štapa. Vidimo tako da se elektricitete istih vrsta odbijaju.

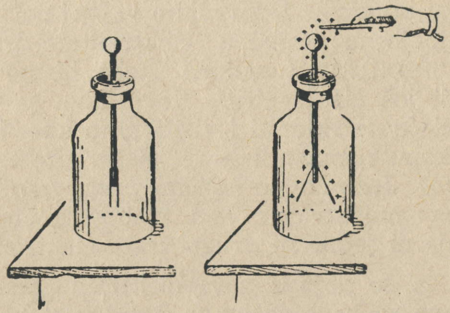
Nabijemo li jedan čep staklenim, a drugi smolnim štapom, to će oni biti nabijeni elektricitetom različite vrste i privlačit će jedan drugoga. (Sl. 2., desno dolje). Vidimo dakle da se elektricitete različitih vrsta privlače.

3. Sprava za proučavanje djelovanja elektricitete. — Elektroskop

Za upoznavanje da li je neki predmet nabijen elektricitetom, služimo se jednostavnom spravom koja se naziva elektroskop. Elektroskop se osniva na svojstvu elektricitete o kojem smo maločas govorili, a to je svojstvo da se dva predmeta nabijena istom elektricitetom odbijaju.

Slika 2. prikazuje tu spravu. Ona se sastoji od staklene boce začepljene čepom, kroz koji prolazi metalni štapić. Na kraju štapića, koji se nalazi u boci, su dva tanka dugoljasta metalna listića, dok se na vanjskom kraju štapića nalazi metalna kuglica. Taknemo li se kuglice staklenim štapom nabijenim elektricitetom, to će staklena elektriciteta preći po štapiću na listiće. Oba će listića biti nabijeni elektricitetom iste vrste, to jest pozitivnom, pa će se oni zato odbiti jedan od drugoga i doći u kosi položaj. To se i vidi na slici 2.

Nataremo li još jedamput stakleni štap i primaknemo li ga kuglici, listići će se elektroskopa još više raširiti. To će se desiti stoga, što smo dva puta nabili elektroskop, ili kao što se kaže, doveli k njemu dvostruku količinu elektricitete. Što više ima elektricitete, to se ona jasnije očituje. Mala iskra sa češlja sadrži vrlo malo elektricitete — vidimo slabo svijetlo i čujemo tihi prasak. Munja sadrži vrlo veliku količinu elektricitete, i zato vidimo golemu iskru — munju i čujemo zaglušni grom.



Sl. 2

Listići su se elektroskopa raširili (desno) — to znači da je on nabijen elektricitetom.

4. Električni naboj.

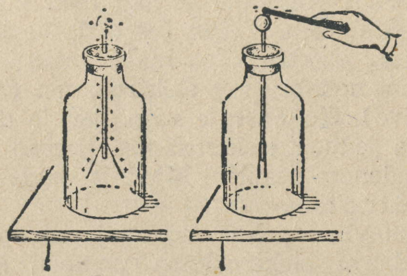
Sad ćemo izvesti slijedeći pokus. Nabit ćemo elektroskop elektricitetom iste vrste, na pr. pozitivnom (staklenom). Listići će se elektroskopa raširiti.

Približimo sad k tom elektroskopu natrtu palicu od smole i dovedimo na taj način do njega izvjesnu količinu elektricitete druge vrste t. j. negativnu (smolnu). Rekli bismo da će se listići još više raširiti. No dešava se protivno: listići će se sklopiti i visiti tako kao da u elektroskopu nema nikakove elektricitete. (Sl. 3., desno). Jednake se količine raznovrsnih elektriciteta poništavaju: kod njihovog spajanja ne ostaje ni jedne ni druge vrste elektricitete.

Ta se pojava zove električno ispražnjavanje, pa se kaže da su se dva tijela, koja su sadržavala pozitivnu i negativnu elektricitetu, ispraznila.

Pozitivna i negativna elektriciteta streme da jedna drugu privuku i da pri tom isprazne tijelo na kom se nalaze. Ako su tijela nabijena različitim elektricitetama jedno blizu drugoga, ali nisu spojena, tada naboj može proći i kroz uzduh, i među tijelima preskače iskra, a čuje se i kratki suhi prasak. Što su tijela bila jače nabijena elektricitetom, to je iskra jača, a prasak snažniji.

Naučenjacima je pošlo za rukom da u laboratorijima nabiju metalne kugle elektricitetom tako silno da električna iskra dosiže do 10 m duljine, a čuje se kod njenog preskakivanja i zaglušni tresak.



Sl. 3.

Dvije se raznovrsne elektricitete poništavaju.

Svaka električna iskra nastaje spajanjem pozitivne i negativne elektricitete, t. j. električnim ispražnjenjem.

5. Vodiči i izolatori.

Sve tvari, predmete i tijela možemo razdijeliti u dvije grupe: u dobre vodiče elektricitete i u električne izolatore.

Kako se razlikuju dobri vodiči od izolatora?

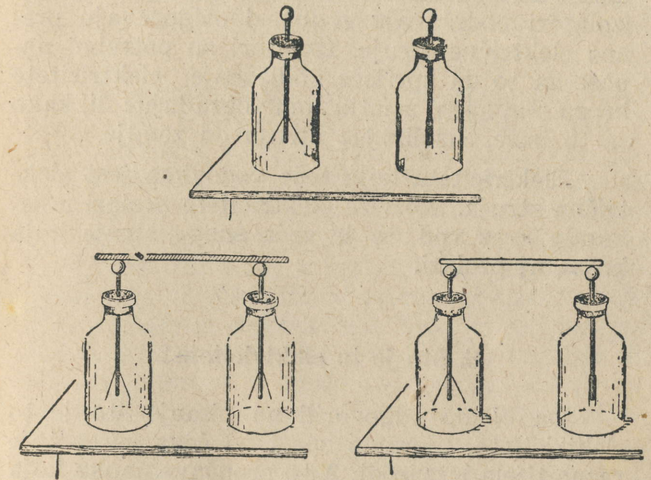
Da odgovorimo na ovo pitanje načinit ćemo slijedeći pokus s elektroskopom: uzmimo dva elektroskopa i postavimo ih na stol jedan do drugoga. Jedan ćemo elektroskop nabiti elektricitetom, a drugi ćemo ostaviti nenabijen. (Sl. 4., gore). Dotaknimo se sad obih kuglica mjedenim štapićem. Vidjet ćemo da se kut nagiba nabijenog elektroskopa malo umanjio, a da su se listići nenabijenog elektroskopa raširili. (Sl. 4., lijevo). To nastaje zato, jer je dio elektricitete s jednog elektroskopa prešao na drugi po mjedenom štapiću. Mjed je dakle dobar vodič elektricitete.

Ponovimo pokus, no ovaj put spojimo kuglice dvaju elektroskopa pomoću štapića od porcelana. Listići će elektroskopa ostati u prvotnom položaju: ništa se s njima ne će dogoditi. Elektriciteta nije preko porcelana mogla preći od jednog elektroskopa na drugi. Porcelan ne provodi elektricitetu: on je izolator.

Vodiči elektricitete su u prvom redu kovine (mjed, željezo i t. d.) Zatim voda i zemlja. I ljudsko tijelo spada među vodiče elektricitete. Električni izolatori su: porcelan, staklo, kaučuk i zrak.

Zato što provode elektricitetu, t. j. zato što je propuštaju kroza se nose tvari ime vodiči, dok izolatori ne provode, t. j. ne propuštaju elektricitetu.

Osnovni su dio električnih instalacija baš vodiči koji vode elektricitetu na određeno mjesto i izolatori koji ne dopuštaju da elektriciteta odlazi na mjesta koja za nju nisu određena.



Sl. 4.

Elektricitet prelazi preko vodiča od jednog elektroskopa do drugoga, ali po izolatoru ne može preći.

Svatko tko je vidio telefonsku liniju ili liniju za prenos električne energije, primijetio je da su vodovi, kojima je zadaća da prenose električnu energiju, napeti na porculanske ili staklene izolatore.

Vodovi nose elektricitetu od električne stanice (gdje se ona stvara pomoću strojeva) do tvornica, instalacija, mašinsko-traktorskih stanica i do ljudskih stanova. Veliki porcelanski izolatori podržavaju vodove i osiguravaju prenos električne struje. Izolatori su potrebni napose za to da spriječe odlaženje elektricitete kroza stupove u zemlju; oni »ograđuju« ili, kako se to kaže, »izoliraju« struju od zemlje.

Elektriciteta koja teče vodovima jest električna struja. Što više elektricitete prolazi u sekundu kroz vod, to je veća snaga struje koja kroza nj prolazi.

6. Što je to elektriciteta?

Da bismo odgovorili na pitanje što je to elektriciteta, moramo znati od čega se sastoje razna tijela u prirodi. A to proučava nauka koja se zove fizika.

Naučenjaci fizičari ustanovili su da se svako tijelo, kruto, tekuće ili plinovito, sastoji od pojedinih vrlo sitnih čestica koje nazivamo atomima. Atom se pak sastoji iz nekoliko još sitnijih čestica nabijenih elektricitetom. U sredini se atoma nalazi njegov glavni dio: jezgra atoma koja je nabijena pozitivnom elektricitetom, a oko jezgre se vrte čestice tvari (materijalne čestice) koje se nazivaju elektronima. Elektron nosi negativan električni naboj.

U običnom stanju sadrži atom jednaku količinu pozitivne i negativne elektricitete, i zato njegova električna svojstva ne dolaze do izražaja.

No ako se atom razbije na dijelove na bilo koji način, t. j. ako se iz njega izdvoji jedan ili više elektrona, to će preostali dio imati više pozitivne nego li negativne elektricitete. Pa će se tada takav atom vladati kao pozitivno nabijeno tijelo: on će nastojati da iz okoline privuče k sebi elektrone koji mu manjkaju, dok će elektroni, koji su otkinuti od atoma, pokazati svojstva negativne elektricitete. Takovo se razbijanje dešava n. pr. kod trenja stakla krznom ili tvrdim papirom, a može se postići i na drugi način. I električna struja u vodovima je kretanje elektrona. Količina elektrona, t. j. količina elektricitete koja prolazi kroz 1 cm^2 poprečnog presjeka voda jest sila struje.

Snaga se toka mjeri u elektrotehnici jedinicom koja se zove Ampère (amper).

Kroz običnu sobnu sijalicu prolazi struja od ½ do $^1/_3$ ampera, dok u električnim vodovima prolazi struja od nekoliko stotina i tisuća ampera, a u munji ima i do 200.000 ampera!

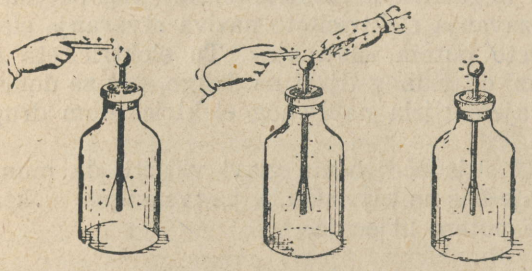
7. Postizavanje elektricitete pomoću utjecaja

Sad kad znamo da se atomi svakog tijela sastoje od čestica koje sadrže pozitivnu i negativnu elektricitetu, možemo objasniti važnu pojavu, a to je postizavanje elektricitete putem utjecaja. I to će nam pomoći da razumijemo kako nastaje munja.

Izvest ćemo slijedeći pokus: Približimo kuglici elektroskopa štapić nabijen bilo kojom elektricitetom, n. pr. pozitivnom, ali tako da se kod toga štapićem ne dotaknemo kuglice, već ćemo među njima ostaviti mali razmak. (Sl. 5., lijevo). Listići će se elektroskopa razmaknuti, premda elektriciteta nije sa štapića mogla preći na kuglicu, jer uzduh nije dobar vodič elektricitete. A to se desilo zato, jer je pozitivna elektriciteta sa štapića privukla k sebi negativnu koja se nalazi na kuglici, štapiću i listićima elektroskopa, a odgurnula od sebe pozitivnu elektricitetu na tim predmetima. Negativna se elektriciteta sakupila bliže štapiću — na površini kuglice — dok se pozitivna sakupila dalje, na listićima. I oba su se listića na kojima se nalazi naboj iste vrste razmaknula.

No takovo je stanje obiju elektriciteta na elektroskopu nestalno. Treba samo udaljiti štapić od kuglice, i listići će opet pasti: obje vrste elektricitete koje su se privukle, sad će se opet jednoliko rasporediti po dijelovima elektroskopa i sad više ne će pokazivati svoja električna svojstva.

A sad postupimo ovako: Opet ćemo kuglici elektroskopa približiti štapić nabijen pozitivnom elektricitetom, ali tako da među njim i kuglicom ostane razmak. Listići će se raširiti. Zatim, ne mičući štapić, dotaknut ćemo se rukom kuglice. Kut će se među listićima smanjiti, no listići ne će sasvim pasti. Maknimo sad štapić i ruku; listići će ostati u pređašnjem položaju — elektroskop je nabijen. Zašto se to desilo? Odakle elektriciteta na elektroskopu? Ta mi se nabijenim štapićem nismo ni dotakli kuglice.



Sl. 5.

Postizavanje elektricitete pomoću utjecaja.

Kad smo se rukom taknuli kuglice elektroskopa, tad je pozitivna elektriciteta na njemu, koja je težila da se odbije od štapića, pošla po vodičima — našoj ruci i tijelu — i ušla u zemlju. A negativna je elektriciteta, privučena štapićem, ostala na elektroskopu i rasporedila se po cijelom tijelu koji igra ulogu vodiča, po kuglici, po štapu i listićima. No listićima pala je u dio manja količina elektricitete, i kut se među njima smanjio. Kad smo kasnije uklonili štapić, ništa se nije izmijenilo, elektroskop je ostao nabijen negativnom elektricitetom. Taj se način postizavanja elektricitete naziva stvaranje elektricitete putem »utjecaja«. Tu elektriciteta ne prelazi od jednog tijela na drugo, već se dobiva utjecajem tijela nabijenog elektricitetom druge vrste.

U slijedećoj ćemo glavi vidjeti, da munja nastaje baš na taj način, t. j. stvaranjem elektricitete putem utjecaja.

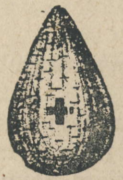
II. POSTANAK MUNJE I GROMA

1. Nastajanje olujnih oblaka

Magla koja se nalazi visoko nad zemljom sastoji se iz sitnih dijelova vode i stvara oblake. Krupniji se i teži oblaci zovu olujni oblaci. Postoje oblaci koji su jednostavni — oni ne izazivaju munje i gromove. Drugi se nazivaju olujni oblaci, jer izazivaju oluju i stvaraju munju i grom. Oni se od jednostavnih kišnih oblaka razlikuju time, što su nabijeni elektricitetom — jedni pozitivnom drugi negativnom.

Kako nastaju olujni oblaci:

Svak znade kako je silan vjetar za oluje. No još se snažniji zračni vihori stvaraju visoko nad zemljom, gdje šume i gore ne smetaju kretanju uzduha. Taj vjetar stvara uglavnome pozitivnu i negativnu elektricitetu u oblacima. Da to razumijemo, promotrit ćemo kako je raspoređena elektriciteta u svakoj vodenoj kapljici. Takova je povećana kaplja prikazana na slici 6. U središtu se nalazi pozitivna elektriciteta, a negativna je raspoređena na površini kaplje. Vjetar hvata kapi kiše koje padaju i uvlači ih u zračne struje. Udarajući silnom snagom u kaplju, vjetar je razbija u dijelove. Pri tome je onaj dio kaplje, koji se otkida, nabijen negativnom elektricitetom, a krupniji i teži dio, koji ostaje, nabijen je pozitivnom elektricitetom. Taj dio oblaka u koji se slijevaju teški dijelovi kaplje nabijen je pozitivnom elektricitetom.

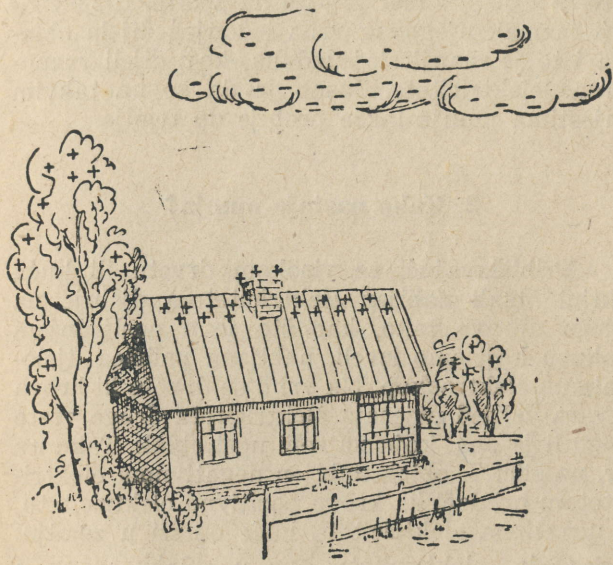


Sl. 6.

Ovako je raspoređena elektriciteta u kaplji kiše. Pozitivna je elektriciteta u unutrašnjosti kaplje označena jednim velikim znakom »+«.

Što je vjetar jači, to će se oblak brže nabiti elektricitetom. Vjetar izvršuje rad razlučivanjem pozitivne i negativne elektricitete.

Kiša koja pada iz oblaka odnosi dio elektricitete oblaka na zemlju, pa se na taj način između oblaka i zemlje stvara električna privlačivost.



Sl. 7.

Raspoređaj elektricitete u olujnom oblaku i u predmetima na zemlji.

Na slici 7. prikazali smo raspoređaj elektricitete u oblaku i na zemlji. Ako je oblak nabijen negativnom elektricitetom, to će se uslijed električnog privlačenja pozitivna elektricitetа zemlje rasporediti po površini svih povišenih predmeta, koji su dobri vodiči elektricitete. Što je viši predmet koji je na zemlji, to je manji razmak njegovog vrha i donjeg dijela oblaka i to je manji sloj uzduha, koji dijeli raznovrsne elektricitete. Jasno je da se na takvim mjestima munja lakše probije do zemlje.

2. Kako nastaje munja?

Približavajući se visokom drvetu ili kući, olujni oblak nabijen elektricitetom djeluje na njega upravo tako, kao što je u posljednjem pokusu koji smo izveli, nabijena paličica djelovala na elektroskop. Na vrhu se drveta ili krova stvara uslijed utjecaja elektriciteta druge vrste nego li je ona, koju na sebi nosi oblak. Tako na pr. na slici 7. oblak nabijen negativnom elektricitetom privlači ka krovu pozitivnu elektricitetu, a negativna elektriciteta kuće odlazi u zemlju.

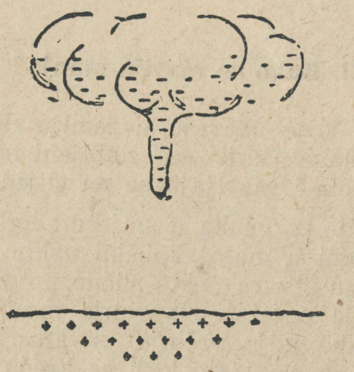
Obje elektricitete, ona u oblaku i ona u krovu, nastoje da se privuku. Ako u oblaku ima mnogo elektricitete, to će se i na kući utjecajem stvoriti mnogo elektricitete. I kao što nabujale vode mogu otplaviti branu i poteći snažnom bujicom poplavljujući dolinu u svom nezaustavljivom kretanju, tako i elektriciteta, koje se sve više i više skuplja u oblaku, može probiti

sloj uzduha koji je dijeli od površine zemlje i pojuriti ususret zemlji, prema suprotnoj elektriciteti. Nastaje snažno ispražnjenje, i među oblakom i zemljom preskače električna iskra. A to je munja koja je udarila u kuću. Ispražnjenje munje može se zbivati među oblakom i zemljom, a i između dva oblaka, koji su nabijeni raznim elektricitetama.

3. Kako se razvija munja?

Munje koje udaraju u zemlju dolaze najčešće iz oblaka koji su nabijeni negativnom elektricitetom i razvijaju se na slijedeći način:

Najprije iz oblaka u smjeru zemlje počinju teći elektroni u maloj količini uskim kanalom koji u zraku stvara nešto slično potočiću. Slika 8. prikazuje početak stvaranja munje. U tom dijelu oblaka gdje počinje stvaranje kanala skupili su se elektroni koji se kreću vrlo velikom brzinom, i zahvaljujući toj svojoj brzini, oni razbijaju atome uzduha na jezgre i elektrone. Elektroni koji su se pri tom oslobodili teže također prema zemlji, i sukobljujući se opet s atomima uzduha, razbijaju ih. To sliči na rušenje snijega u planinama, kad se o grudu, koja se kotrlja u nizinu, lijepi snijeg, i ta se gruda, kotrljajući sve brže, pretvara u strašne lavine. I elektronska lavina obuhvaća sve veće količine uzduha razbijajući njegove atome u dijelove. Pri tome se uzduh grije i kod više temperature postaje bolji vodič elektricitete; on se iz izolatora pretvara u dobrog vodiča. Kroz taj stvoreni provodni kanal uzduha elektriciteta iz oblaka počinje teći u sve većoj količini. Elektriciteta se približava zemlji ogromnom brzinom od 100 km na sekundu. Radi poređenja napominjemo da brzina lijeta taneta savremenih topova ne premašuje 2 km na sekundu.



Sl. 8.

U oblaku se počinje stvarati munja.

Za stotinku sekunde stiže elektronska lavina na zemlju. No time završava tek prvi, da tako kažemo, »pripravni« dio munje: munja je

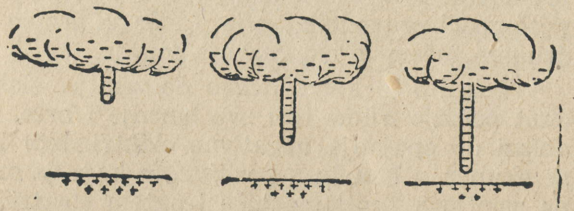
sebi probila put do zemlje. Pred nama je još drugi, glavni dio razvoja munje.

Proces stvaranja munje koji smo do sada promotrili zove se »leader« (lider), a ta strana riječ znači provodnik, vođa. Lider je probio put drugom jačem dijelu razvoja munje.

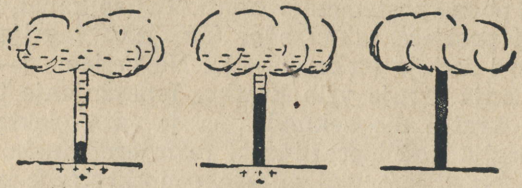
Tek što je kanal došao do zemlje, elektricitet počinje njime teći sve burnije i brže. Sad dolazi do spajanja negativne elektricitete koja se skupila u kanalu s pozitivnom koja je stigla na zemlju s kapljama kiše i putem električnog utjecaja — dolazi do električnog ispražnjenja između zemlje i oblaka. Takvo je ispražnjenje električne struje goleme snage — ta je snaga daleko veća od snage struje u običnoj električnoj mreži. Struja koja protječe kroz kanal raste vrlo brzo, a kad je postigla najveću snagu, tad počne postepeno opadati. Taj se kanal, kroz koji protječe takav silni tok, jako zagrijava i zato i zadaje jarko svijetlo. No vrijeme je protjecanja struje vrlo kratko. Ispražnjenje traje tek kratki dio sekunde, pa je zato električna energija kod ispražnjenja razmjerno mala.

Na slici 9. vidi se postepeno kretanje lidera munje u smjeru zemlje (prva tri crteža). Na tri posljednja crteža vide se pojedini momenti drugog, glavnog dijela munje.

Prostim okom ne može čovjek razlikovati lidera munje od njenog glavnog dijela, jer slijede jedan za drugim neobično hitro po istom putu. No pomoću fotografskog aparata možemo jasno uočiti oba procesa. Samo što se u tim slučajevima upotrebljavaju posebni fotografski aparati, koji se od običnih razlikuju time, što imaju okruglu ploču, koja se prilikom snimanja okreće, upravo tako kao gramofonska ploča. Zato se snimka postignuta tim putem rasteže — ona se, da tako kažemo, »razmazuje«.



Sl. 9.
Postepeni razvoj lidera munje



Sl. 9a.
Razvoj glavnog dijela munje

Nakon spajanja dviju elektriciteta raznih vrsta struja prestaje. No munja time ipak ne svršava. I često po putu koji je probio prvi vodič odmah prolazi drugi, a za njim po istom putu glavni dio ispražnjenja. Tako završava drugo ispražnjenje.

Sl. 10
Munja.

Takovih pojedinih ispražnjenja od kojih se svako sastoji od lidera i glavnog dijela može biti do 50. No redovno ih ima 2—3. Pojave pojedinih ispražnjenja stvaraju munju isprekidanom, i to je uzrok sijevanju munje.

Budući da se munja sastoji od nekoliko bljesaka, koji brzo slijede jedan za drugim, to se na fotografskoj ploči, koja se vrti, pojedine slike nalaze u izvjesnoj udaljenosti jedna od druge. Razmak među slikama bit će to veći, što se brže okreće ploča.

Vrijeme stvaranja pojedinih ispražnjenja vrlo je kratko i ne prelazi stoti dio sekunde. Ako je broj ispražnjenja vrlo velik, to trajanje munje može doseći cijelu sekundu i više. Munja dakle nije tako »brza« kao što su to prije sebi zamišljali!

Promotrili smo samo jedan oblik munje, koji se najčešće susreće, a to je t. zv. »munja u pravcu«, jer se prostom oku čini kao crta ili uska jarka vrpca bijele, svijetlomodre ili jarkoružičaste boje. »Munja u pravcu« ima duljinu od nekoliko stotina metara pa do mnogo kilometara. Put je munje redovno krivudav, a često je ona i vrlo razgranata. Kao što smo već rekli, ispražnjenja »munje u pravcu« ne moraju nastati samo između neba i zemlje već i među oblacima. Na sici 10. vidimo »munju u pravcu«.

4. Kako nastaje grom?

Munju redovno prati silan tutanj koji se zove grom. Grom nastaje iz slijedećeg uzroka: Vidjeli smo da se strujanje u kanalu munje stvara u vrlo kratkom vremenu, a kod toga se

uzduh u kanalu vrlo jako i brzo grije, pa se od grijanja širi. Širenje se odvija tako brzo da se čini kao lomljenje. A ta lomljava stvara trešnju uzduha koja je praćena jakim zvukom. Prestankom struje temperatura u kanalu munje jako pada, jer toplina odlazi u atmosferu. Kanal se brzo hladi, i uzduh se u njem naglo steže. To stezanje ponovno pokreće uzduh i opet izaziva zvuk. Razumljivo je da česti udarci munje mogu izazvati dulji tutanj i šum. Zvuk se pak odbija od oblaka, zemlje, kuća i drugih predmeta i stvara mnogostruku jeku. Zato i nastaje tutnjava groma.

I grom se kao i svaki drugi zvuk širi uzduhom razmjerno malom brzinom od oko 330 m na sekundu. Ta je brzina tek podrug puta veća od brzine modernog aviona. Ako promatrač ugleda munju, a grom začuje tek za neko vrijeme, to lako može izračunati svoju udaljenost od munje. Na pr.: između bljeska munje i tutnjave groma prošlo je 5 sekunda. Budući da za svaku sekundu zvuk pređe 330 m, to je za pet sekunda grom prešao udaljenost koja je pet puta veća, t. j. 1.650 m. Znači, munja je udarila u udaljenosti od nešto manje nego 2 km od promatrača.

Kad je tiho vrijeme, zvuk groma dopire do nas i iz daljine od 25—30 km. Oluje koje su od promatrača udaljene manje nego 3 km zovu se blize, a one koje su udaljenije zovu se daleke oluje.

5. Munja u obliku kugle

Osim munje u pravcu postoje, premda mnogo rjeđe, i munje drugih oblika. Promotrit ćemo jednu od njih koja je najinteresantnija, a to je munja u obliku kugle.

Kadikad se vide olujna ispražnjenja u obliku ognjenih kugla. Kako nastaju munje u obliku kugle nije još istraženo, no promatranja koja posjedujemo o tom interesantnom olujnom ispražnjenju dozvoljavaju nam izvesti neke zaključke. Navest ćemo ovdje jedan od najinteresantnijih opisa kuglaste munje.

Evo što nam govori znameniti francuski naučenjak E. Flammarion: »7. lipnja 1886. god. oko 19.30 h na večer dok je nad francuskim gradom Grejom bijesnila oluja, nebo se najedamput rasvijetlilo širokom crvenom munjom, a uz strašni je tresak pala s neba ognjena kugla s promjerom od oko 30—40 cm. Sipajući iskre ona je udarila o kraj krova, odbila od njegovog glavnog balvana komad duži od pola metra, razbila ga na sitne komadiće, posula tavan krhotinama i srušila štukaturu sa stropa najgornjeg sprata. Tada je kugla skočila na krov stubišta, probila rupu, pala na ulicu i kotrljajući se po njoj komadić puta pomalo iščezla. Kugla nije prouzrokovala požar i nikoga nije ranila, premda je na ulici bilo mnogo svijeta.«

Kuglasta munja ima najčešće oblik lubenice ili kruške. Njeno je trajanje razmjerno dugo — od dijela sekunde do nekoliko minuta. Najobičnije kuglasta munja traje od 3—5 sekunda. Najčešće se javlja na kraju oluje u obliku crvenih svijetlih kugla s promjerom od 10 do 20 cm. Kadikad ima i veće razmjere, pa je tako fotografski snimljena munja s promjerom od oko 10 metara. Kugla može kadikad biti i jarko bijela i imati oštre konture. Kuglasta munja obično pišti ili šumi.

Kuglasta munja može nestati tiho, no može kraj toga kadikad tiho a kadikad i jako prasnuti. A iščezavajući ona često ostavlja za sobom jetki dim. Blizu zemlje ili u zatvorenom prostoru munja se kreće brzinom čovjeka u trku — otprilike 2 m na sekundu. Ona može i mirovati neko vrijeme, i takova nepomična munja sipa iskre sve dok ne iščezne. Na časove se čini da vjetar pokreće kuglastu munju, no redovno njeno kretanje ne zavisi o vjetru.

Kuglaste munje teže prema zatvorenim prostorijama u koje ulaze kroz otvorene prozore ili vrata, a kadikad i kroz male pukotine. Dimnjaci su za tu vrstu munje dobar put, pa zato one često kroz štednjake ulaze u kuhinju. Nakon što je neko vrijeme kružila po sobi, kuglasta munja često ostavlja prostoriju istim putem kojim je i ušla.

Kadikad se munja po nekoliko puta uzdiže i spušta na visinu od nekoliko cm pa do nekoliko metara, a u isto vrijeme kreće se ona i u horizontalnom smjeru, i tad se kaže da kuglasta munja »poskakuje«. Kuglaste munje često »sjedaju« na vrhove električnih vodova ili se kotrljaju niz vodove po žljebovima. Krećući se po ljudskim tijelima — često i ispod odjeće — te munje izazivaju strašne opekline pa čak i smrt. Ima mnogo opisa slučajeva da je kuglasta munja izazvala smrt životinje i ljudi. A isto tako mogu one i porušiti zgrade.

Još ne postoji konačno naučno objašnjenje kuglaste munje. Učenjaci su uporno proučavali kuglastu munju, ali im dosad nije pošlo za rukom da objasne svu raznolikost njenih pojava, pa na tom području učenjacima predstoji veliki naučni rad. No naravno da ni u kuglastoj munji nema ništa tajanstveno, »vrhunaravno«. Uzrok je kuglaste munje isti kao i kod munje u liniji. I nema sumnje, da će naučenjaci doskora objasniti sve pojedinosti kuglaste munje, kao što su objasnili i munju u pravcu.

III. UČINCI MUNJE

1. Kako se često javlja munja?

Oluje se ne javljaju jednako često svuda na zemlji. Na nekim se vrućim tropskim mjestima javljaju oluje svaki dan kroz čitavu godinu, dok su na drugim mjestima u sjevernim krajevima, oluje razmjerno rijetke. U Sovjet. Savezu, s obzirom na njegov ogromni teritorij, razlikuju se pokrajine jedne od drugih po količini oluja. Tako u gornjim krajevima Kavkaza (Gruzija, Armenija) broj oluja dosiže 60—70 na godinu, dok se u predjelima Kolskog poluostrva oluje pojavljuju vrlo rijetko (5—10 puta na godinu). U srednjim se predjelima naše zemlje oluje javljaju 15—20 puta na godinu.

Za vrijeme jedne oluje može biti vrlo mnogo munja. Neke od njih preskaču samo među oblacima, ni ne dotaknuvši se zemlje. Mi ih vidimo i prepoznajemo po bljesku na nebu. Takova se svijetla zovu sijevanje. U nekim se mjestima Ukrajine vide noću tolike munje i toliko sijevanje, da je zemlja gotovo čitavo vrijeme obasjana njihovim svijetlom.

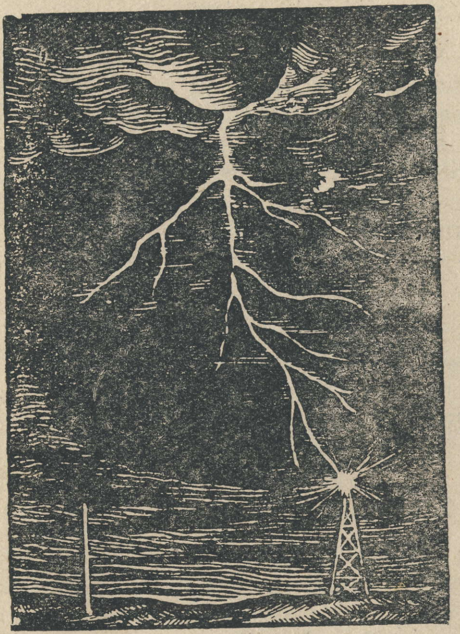
Učenjaci su ustanovili, da na raznim mjestima zemljine kugle stalno bijesne oluje, tako da prosječno u isto vrijeme ima na cijeloj zemljinoj kugli oko 1.000 oluja, i da svake sekunde udara u zemlju oko 100 munja.

Istraživanja su pokazala, da na mjestima gdje ima godišnje 40—50 oluja, na svaki kvadratni kilometar zemlje udara prosječno 1 munja. Tamo gdje su oluje gušće, dolazi i više munja na 1 km^2, a gdje su oluje rjeđe, ima i manje udaraca.

2. Kuda udara munja?

Budući da je munja električno ispražnjenje kroz sloj izolatora — uzduha, to se ona javlja često tamo gdje je sloj zraka između oblaka i bilo kojeg predmeta na površini zemlje manji. To pokazuju i neposredna opažanja: munja udara u visoke zvonike, jarbole i stupove, u stabla i u druge visoke predmete.

No munje ne streme samo prema visokim predmetima. Ako su dva jednako visoka stupa, jedan od drva a drugi od kovine i ako stoje nedaleko jedan od drugoga, munja će težiti prema stupu od kovine.



Sl. 11.

Munja udara u metalni stup, a ne u drveni koji uza nj stoji.

To će se desiti s dva razloga: prvo jer metal provodi struju bolje nego li vlažno drvo, a drugo, jer je metalni stup dobro spojen sa zemljom i elektriciteta može u času stvaranja lidera bolje pritjecati u stup.

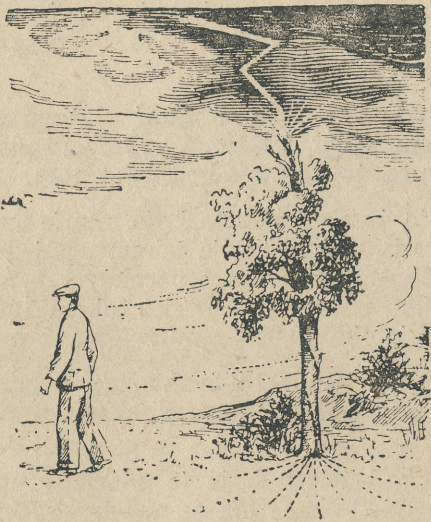
Ovo se svojstvo uvelike iskorišćuje za zaštitu raznih postrojenja od munje. Što se veća površina stupa dotiče zemlje, to lakše i elektriciteta iz oblaka odlazi u zemlju. To se može uporediti s pojavom lijevanja tekućine u bocu pomoću lijevka. Ako je otvor lijevka dosta velik, tekućina će lako teći u bocu, a ako je otvor malen, tekućina će se prelijevati preko rubova lijevka i teći na pod.

Munja može udariti i u površinu zemlje, no i pri tom će ona težiti tamo gdje je bolji vodič struje. Tako će munja češće udarati u vlažnu glinu ili u blato nego li u suhi pijesak ili u kamenito suho tlo. Zato munja i udara u obale potoka i rijeka češće nego li uz njih stojeća visoka i suha stabla.

To svojstvo munje da teži prema predmetima koji su dobro spojeni sa zemljom i koji su dobri vodiči elektricitete iskoristili su ljudi za gradnju raznih zaštitnih naprava, o kojima će biti riječ u posljednjem poglavlju ove knjige.

3. Požari koje munja izaziva.

Budući da se munja sastoji od uzduha koji je ražaren do silno visoke temperature, to se predmeti upaljuju kad ih se ona dotakne. Temperatura kanala munje dosiže na desetke tisuća gradi: ta je temperatura daleko viša nego li ona



Sl. 12.
Munja je udarila u čovjeka prolazeći kroz zemlju.

upaljene **žigice** kojom se može upaliti papir, slamu, drvo, petrolej i razne druge tvari. Istina, pojedini bljesci munja traju veoma kratko, kao što smo vidjeli, no i u tom vremenu mogu se razne tvari upaliti.

Približni podaci pokazuju da je u SSSR 1938. i 1939. godine bilo oko 6.000 požara koje je prouzročila munja.

Najviše se požara od munja dešava na selu. To je razumljivo, jer tamo zgrade imadu drvene ili slamnate krovove koji lako gore.

Dosta je znatna šteta koju munje uzrokuju u industriji. U Americi je tokom posljednjih 20 godina 55% požara nafte uzrokovano munjom. Od 620.000 požara u Americi tokom 1937. godine bilo je oko 20.000 prouzrokovano munjom.

Kad munja udari u tanke žice, n. pr. u telegrafske žice, tad se one zagrijavaju, a mogu se i rastaliti.

Kadikad žica u koju je udarila munja posve nestane; to znači da se ona isparila pretvorivši se u metalne pare, upravo tako kao što se i voda u loncu kod vrenja pretvara u paru.

Udarajući u zemlju, munja probija izvjestan sloj tla i svojim žarom prži ili pretvara u staklo pijesak ostavljajući dugačke cjevčice, pa se čini kao da munja šara crteže na zemlji.

4. Kako djeluje munja na ljude i životinje?

Udari li munja u čovjeka ili životinju, to je taj udarac redovno smrtonosan. Samo u slučajevima kad u čovjeka nije udarila glavnina munje nego neki njen ogranak, može on proći samo s jakim opeklinama, a kadikad i posve neozlijeđen.

Evo nekoliko takovih primjera:

1. listopada 1868. godine za vrijeme oluje nedaleko francuskoga grada Bonello, sedam se ljudi sklonilo pod veliku bukvu. Munja koja je udarila u stablo, udarila je i u jednu ženu, a ostalima se nije ništa desilo. Odjeća je ubijene bila rastrgana na male komadiće od kojih su neki bili nađeni čak na granama stabla.

11. kolovoza 1855. godine udarila je munja u jednog prolaznika na cesti kraj nekog drugog francuskog grada i svukla ga. Od njegovog odijela nije ostalo ni traga osim komada cipele okovane čavlima i jednog rukava košulje (odijelo je očito izgorjelo). Došavši k svijesti deset časaka nakon tog događaja, čovjek se vrlo začudio što leži razodjeven i tužio se na studen. No bez obzira na neke ozljede, on je ipak ostao živ.

Munja rijetko udara u čovjeka i u životinju. Ipak na mjestima s velikom godišnjom količinom oluje umire od munje 10 do 11 ljudi na svaki milijun.

Osim direktnog udara može munja djelovati na živa bića i drugim načinom. Zamislimo da je munja udarila u zemlju u izvjesnoj udaljenosti od čovjeka. Električna struja munje, ušavši pod zemlju i tekući po njoj, dolazi i pod noge čovjeka koji se nalazi nedaleko mjesta udara. Elektricitet ulazi kroz jednu nogu, prolazi kroz tijelo čovjeka i po drugoj nozi odlazi opet u zemlju.

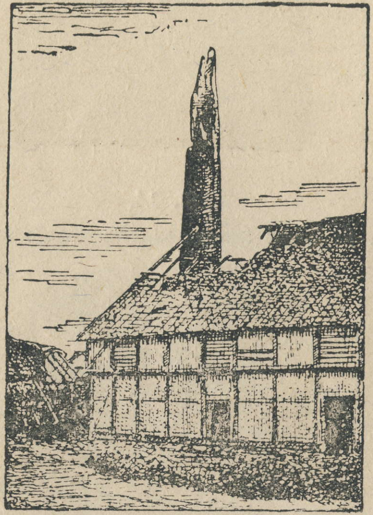
Što je vlažnija obuća, to više elektricitete ulazi u tijelo, i to je veća smrtna opasnost. No ako udarac i nije bio smrtonosan ,ipak električna struja može u tijelu čovjeka izazvati razne ozljede. Što je jača snaga struje munje i što je suša zemlja na mjestu udarca, to je ta zona opasnija. Međutim na udaljenosti od 5—10 m od samog mjesta gdje je munja udarila nije više tako velika opasnost od munje za čovjeka ili za životinju.

5. Razorno djelovanje munje

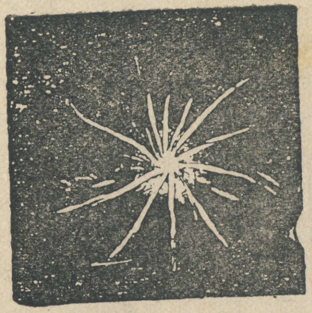
Razorno se djelovanje munje pojavljuje u vrlo različitim oblicima. Poznat je na pr. slučaj, da je munja udarila u staru topolu visoku 30, a debelu 3 m i razbila je na male komadiće.

Kad munja udari u bilo koju zgradu ili predmet smješten na površini zemlje, taj će predmet to jače postradati, što je on lošiji

vodič elektricitete, t. j. što elektriciteta po njemu teže prolazi. Munja redovno ne ostavlja trag svog prolaza, no kad udari u izolatore ili uopće u predmete koji loše provode struju dolazi do snažnijih oštećenja. Na slici 13 vidi se rezultat udarca munje u visoki dimnjak od ope-

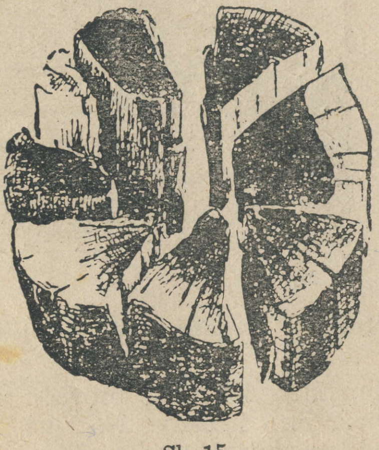


Sl. 13.
Munja je razrušila visoki dimnjak.



Sl. 14.

Munja je poput taneta razbila staklo na prozoru.



Sl. 15.

Munja je razmrskala panj

ke. Munja je posve razorila gornji dio dimnjaka dug oko 30 m. Daljnjih je 15 m srušeno na polovicu, a u najnižem se dijelu dimnjaka stvorila pukotina. Pojedine su se opeke razletile na udaljenost od 200—300 metara. Zid dimnjaka koji se odvalio oštetio je krov susjedne zgrade.

Na slici 14 se vidi kako je munja razbila prozorsko staklo poput taneta i ostavila na njem tek mali otvor, a na slici 15 vidimo kako je umjetna munja izvedena u laboratoriju razbila panj.

6. Utjecaj munje na rad električnih postrojenja i na radio

Često munja udara u električne vodove. Kod toga ili udari u jedan od vodova i spoji ga sa zemljom, ili pak spoji među sobom dva ili čak i tri voda. U svim tim slučajevima munja svojim kanalom, koji je, kao što je poznato, dobar vodič elektricitete, »proguta vodove« i usmjeri električnu energiju na krivi put. Nastaje šteta, i potrošač ostaje bez struje.

Da predusretnu oštećenja takove vrste, služe se ljudi raznim mjerama.

Najčešće nad linijama električnih vodova stavljaju rezervni vod (koji zovu tros[1]) a ovaj je dobro spojen sa zemljom. Budući da je on viši od ostalih vodova linije, to munja udara u njeg i odlazi u zemlju kroza stupove kojima je on učvršćen.

---

[1]) Tros; od njem. riječi Tross, a znači katranom namazano mornarsko uže.

Munje stvaraju velike smetnje u radio-prijemnicima. Svima su ljubiteljima radija poznati karakteristični prasak i škljocanja u slušalicama ili u reproduktorima. A te se smetnje javljaju i kod dalekih oluja. Ako je oluja udaljena nekoliko desetaka km, tad su smetnje vrlo jake. Kod još bližih oluja, radio prijemnik i antene postaju opasni, jer munja može udariti u antenu i po vodu od radija može prodrijeti u stan. U nauci je vrlo dobro poznat slučaj profesora Rihmana — druga Lomonosova. Munja je prodrla u zgradu preko antene, koja je služila za fizikalne pokuse (radio u ono vrijeme još nije bio otkriven) i ubila znamenitog fizičara Rihmana.

Za zaštitu od eventualnog ulaženja munje po antenskom vodu u stan u vrijeme oluje, spaja se antena sa zemljom putem posebnog prespajača.

7. Da li je moguće »uhvatiti« munju i iskoristiti njenu energiju?

Iskorišćujući svojstvo munje da teži prema visokim predmetima, naročito u slučaju ako su oni dobri vodiči elektricitete, moguće je »uloviti« munju. Zato su u Sovj. Savezu bili upotrebljeni baloni koji su u oblake nosili metalne vodove spojene sa zemljom. No u tim je slučajevima »lovljenje« munje moglo služiti samo u naučne svrhe.

Energiju munje koja bi bila podesna u tehničke svrhe može se ocijeniti ako se odredi rad koji ona može izvesti. Budući da je munja vrlo kratka, njena je energija jako mala. Izračunali su da vrijednost rada jedne munje može u prosjeku doseći tek nekoliko rubalja. Kraj takove je radne sposobnosti munje vrlo teško govoriti o svrsishodnosti njenog tehničkog iskorišćavanja. Primjena je munje u svojstvu izvora energije otešćana još i time, što i u doba vrlo bogato munjama i uz vrlo visoki munjovod u nj ne udari više od 20—25 puta.

IV. ZAŠTITA OD MUNJE

1. Munjovod

Već odavna razmišljali su ljudi o tome kako da se zaštite od munje, no naučno je proučavanje tog pitanja počelo tek sredinom 18. vijeka, nakon što je Franklin svojim pokusima dokazao da je munja električna iskra. I sam je Franklin odmah stvorio praktičnu primjenu svojih pokusa predloživši izgradnju gromovoda ili bolje munjovoda. Evo kako on o tome govori:

»Ako su olujni oblaci nabijeni elektricitetom, zar ne treba u tom slučaju od njih zaštititi kuće, crkve, lađe itd., izgradnjom visokih oštrih gvozdenih motka? Od osnove bi takve gvozdene motke morala ići duž vanjske strane kuće u zemlju ili uzduž palube broda u vodu metalna vrpca. Te bi oštre željezne motke vjerojatno tiho odvodile elektricitet iz oblaka, prije no što bi se taj toliko približio, da bi nastupila opasnost od munje. Na taj bi se način ljudi mogli zaštititi od užasne nesreće«.

U današnje se vrijeme u praksi primjenjuju takovi sistemi zaštite od munje koji hvataju munje i ne puštaju ih k zgradama ili postrojenjima.

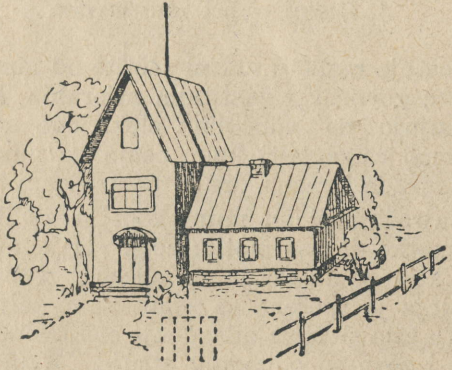
2. Razni oblici munjovoda

Postoje različiti načini zaštite od munje. Mi smo već govorili o zaštitnim mjerama, koje se primjenjuju na vodovima električne energije. Sad ćemo razmotriti kako ćemo od munja zaštititi zgrade i razna druga postrojenja.

Najrašireniji su munjovodi u obliku metalne motke (ta se motka zove »prijemnik munje«), koja se nalazi na zgradi koju treba zaštititi i koja je spojena sa zemljom metalnom žicom. Ta žica služi za odvođenje električne struje munje i zove se odvodnik struje. Radi boljeg spoja sa zemljom odvodnik je u zemlji razgranjan u više metalnih žica, koje su razmještene kao korijenje stabla. Što je bolja veza voda sa zemljom, to munja odlazi u zemlju s manje opasnosti za okolinu.

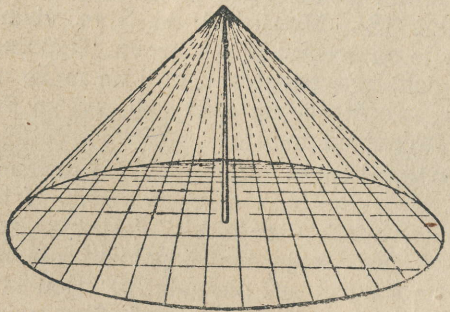
Na slici 16 vidi se munjovod smješten na krovu kuće — to je munjovod motkastog tipa. Ti se munjovodi u obliku motke često smještaju i na posebnim drvenim ili metalnim stupovima.

Drugi oblik munjovoda su antene ili mrežice na pete nad zgradama. Svi ti munjovodi služe jednoj svrsi, a ta je zaštititi zgradu od udarca munje i odvesti munju u zemlju, a da pri tome bude što manje štete gospodarstvu i životu ljudi i stoke.



Sl. 16.
Kuća zaštićena od udarca munje.

Kod građenja munjovoda bilo kojeg tipa osnovno je pitanje koju ploštinu može taj munjovod zaštititi. Što je munjovod viši, to on kanda može sakupiti munje s većeg prostora oko sebe. Munjovod u obliku motke štiti jednako na sve strane. Oko njega se stvara zaštitni prostor koji ima oblik stošca (čuna) — takav oblik ima na pr. šator sastavljen od štapova (v. sliku 17). Razmak od kruga na koji se opire taj šator, pa do njegovog centra, gdje stoji munjovod upravo je toliki kolika je i visina munjovoda. Sve što se nalazi unutar takvog stošca zaštićeno je od munje.



Sl. 17.
Prostor je unutar ovog stošca zaštićen od udarca munje.

Ako od munje treba zaštititi bilo kakovu manju zgradu, to će se na nju ili nedaleko nje postaviti munjovod takove visine, da čitava zgrada padne u zaštitni prostor stošca koji je na slici prikazan.

3. Primjeri gradnje munjovoda

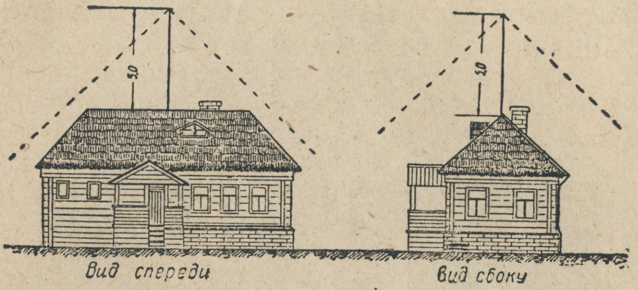
Osnovni zahtjev koji se postavlja na munjovod, koji će zaštićivati kolhozne ili seoske postrojbe je jeftinoća i jednostavnost izgradnje.

Najbolju zaštitu pruža munjovod u obliku motke, koji se pričvršćuje na samu zgradu. Kao primjer promotrit ćemo kako da od munje zaštitimo srednju stambenu kuću (kako to prikazuje slika 18). Munjovod od 5 m visine postavljen je na sredini hrpta krova. Točkana crta na slici označuje prostor u koji ne može udariti munja i, kao što se na slici vidi, svi su dijelovi kuće zaštićeni od munje.

Munjovod može biti i u obliku drvene motke koja je pričvršćena o grede krova. U tom će slučaju odvodnik struje biti željezna žica debela 8—9 mm, koju treba položiti niz motku. Žica ne mora baš biti okrugla, ali njen promjer ne smije biti manji od 50 mm². Žica mora biti željeznim sponama pričvršćena o motku i mora se nad gornjim vrškom motke izdizati najmanje 100—150 mm. Odvodnik struje valja povesti po krovu i niza zid kuće u zemlju u kojoj je iskopan jarak dubine oko 1 m. Dužina jarka i odvodnika struje može biti različita već prema karakteru tla: u čistoj glini mora biti duga 3 m, u glinastoj zemlji 5 m, u humusu 10 m a u pješčanom tlu 15—25 m. Što je tlo slabiji vodič elektricitete, to žica mora biti dulja. U pješčanom

se tlu podzemni dio munjovoda mora smjestiti na mjesto koje je jednolično vlažno i dati mu oblik dviju ili triju zraka usmjerenih na razne strane, a svaka od 20 m duljine.

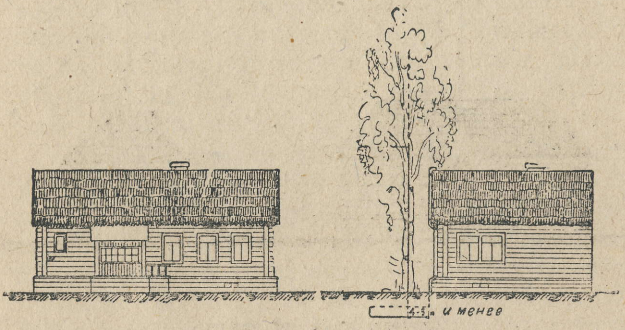
Ako je odvodnik struje položen po krovu od upaljivog materijala (slama ili trska) ne smije se dopustiti da se on dotiče krova. U takovim se slučajevima odvodi struje polože na



Sl. 18.
Zaštita kuće od munje.

drvene ili metalne klipiće pričvršćene na kostur krova, i to tako da između žice i površine krova ostane razmak od 5—10 cm.

Od munje se možemo zaštititi i munjovodom koji je odijeljen od zgrade, možemo na pr. iskoristiti stablo koje raste u blizini zgrade. U tom je slučaju dovoljno položiti žicu niz trup stabla. Ako je duljina te žice od vrha do površine zemlje 14—18 m, a udaljenost žice do najdalje točke kuće 10—15 m, to će kuća biti zaštićena od udarca munje. Jedan munjovod može štititi i dvije kuće kao što se to vidi na slici. Ako se drvo nalazi od zgrade udaljeno manje nego li 4—5 m, to se na dijelu zgrade, koji je najbliži stablu mora položiti željezna žica (debela 7—8 mm) spojena pod zemljom sa podzemnim dijelom munjovoda. Ta žica predusreće razaranje zgrade i njen požar u slučaju preskakivanja munje sa munjovoda na zgradu koju treba zaštititi.



Sl. 19.

Zaštita kuće pomoću munjevoda smještenog na stablu.

Treba još reći, da munjovodi moraju biti najmanje 5—6 m udaljeni od staja i drugih zgrada gdje se nalaze životinje, jer su životinje, a naročito konji, vrlo osjetljivi na djelovanje električne struje.

4. Kako će se čovjek zaštititi od munje

Da se čovjek očuva od udarca munje ne smije se u vrijeme oluje približavati munjovodima ili visokim osamljenim predmetima (stubovi stabla), na udaljenost manju od 8—10 m. Ako oluja zateče čovjeka daleko od grada, ne smije se on ni u kojem slučaju sklanjati pod stabla prislanjajući se uz njegovo deblo. Vrlo je opasno u vrijeme oluje biti na povišenim mjestima (humci i bregovi) ili na posve otvorenim ravnicama. Dobro je da se čovjek skloni u udubinama na padinama humaka, blizu velikog drvlja ili kamenja, ali u najmanjoj udaljenosti od 8—10 m od pojedinačnih predmeta izabirući, ako je moguće, mjesto u sredini između dva stabla, koja rastu na udaljenosti od 15—25 m. Treba obratiti pažnju na posve nepravilnu mjeru, koja se kadikad primjenjuje kod ljudi koji su ozlijeđeni električnom strujom ili munjom. Ta se mjera sastoji u tom, da ozlijeđenog čovjeka u svrhu »oživljenja« zakopaju u zemlju. No ta mjera može ozlijeđenome samo škoditi. U času kad čovjeku treba umjetno disanje i jači pristup uzduha do tijela, zasipavanje zemljom može samo štetno djelovati; ako k tome ima i otvorene rane od udara, to će se one zemljom samo uprljati. Zato je zakopavanje u zemlju štetno. Ozlijeđenome, koji je u besvjesnom stanju, treba do dolaska liječnika pomoći umjetnim disanjem.

5. Zaštita od kuglastih munja

Budući da je kuglasta munja slabo proučena, to do danas još nema uspješnih načina obrane od nje. Premda je bilo slučajeva da je kuglasta munja ušla i kroz zatvoreni prozor razbivši staklo, ipak je prostorija sa zatvorenim prozorima i zatvorenim otvorima za zračenje dovoljno zaštićena od kuglaste munje.

Kao jednostavno zaštitno sredstvo protiv okrugle munje valja nad izlaznim otvorima dimnjaka i ventilatora staviti metalne mreže spojene sa zemljom s očicama od 4 cm^2 i debljinom žice od 2—2.5 mm. U vrijeme oluje treba zatvoriti prozore, vrata i druge otvore kroz koje bi kuglasta munja mogla ući u zgradu. Ako je teško provesti takovo zatvaranje, to treba upotrebiti metalne mrežice.

Te mjere valja brižljivo provoditi naročito kod upaljivih zgrada.

ZAKLJUČAK

Upoznali smo dakle što su munja i grom.

Životvorno sunce koje stvara sve promjene u našoj zemaljskoj atmosferi obasjava svojim zrakama zemlju i svojom toplinom izaziva isparivanje vode. Vodene se pare dižu i stvaraju oblake. Ugrijani uzduh stvara vjetar, vjetar razbija kapi kiše od kojih se onda stvaraju oblaci nabijeni pozitivnom ili negativnom elektricitetom. Munja je golema električna iskra koja preskakuje između dva oblaka ili između oblaka i zemlje kod spajanja pozitivnih ili negativnih elektriciteta. Snažan udarac zvuka izazvan naglim širenjem uzduha na mjestu gdje je preskočila iskra je grom.

Munja je neobično lijepa i veličanstvena prirodna pojava, no ona je ujedno i strašna, jer ima silnu razornu snagu.

Učenjaci su već davno ustanovili da je munja isto što i elektriciteta ili, kao što oni kažu, električno ispražnjenje.

Nauka o električnom ispražnjavanju i o elektriciteti uopće, pomogla je čovjeku da upozna bit munje i groma, otkrila mu načine kako da se zaštiti od razornog djelovanja munje. Nauka je podčinila elektricitetu čovječjoj volji i stavila je u njegovu službu.

SADRŽAJ

Uvod 3

I. NEKI POJMOVI O ELEKTRICITETI

1. Munja i električna iskra 7
2. Dvije vrste elektricitete 10
3. Sprava za proučavanje djelovanja elektricitete — Elektroskop 12
4. Električni naboj 14
5. Vodiči i izolatori 15
6. Što je to elektriciteta? 18
7. Postizavanje elektricitete pomoću utjecaja 20

II. POSTANAK MUNJE I GROMA

1. Nastajanje olujnih oblaka 23
2. Kako nastaje munja 26
3. Kako se razvija munja 27
4. Kako nastaje grom 32
5. Munja u obliku kugle 34

III. UČINCI MUNJE

1. Kako se često javlja munja 37
2. Kuda udara munja 38
3. Požari koje munja izaziva 41
4. Kako djeluje munja na ljude i životinje . 43
5. Razorno djelovanje munje 44
6. Utjecaj munje na rad električnih postrojenja i na radio 47
7. Da li je moguće »uhvatiti« munju i iskoristiti njenu energiju 49

IV. ZAŠTITA OD MUNJE

1. Munjovod 50
2. Razni oblici munjovoda 51
3. Primjeri gradnje munjovoda 54
4. Kako će se čovjek zaštititi od munje . . 57
5. Zaštita od kuglastih munja 58

ZAKLJUČAK 59

Izdavač: Seljačka Sloga
Tisak: Hrvatska Seljačka tiskara
Zagreb, Frankopanska 12
Naklada: 5.000 primjeraka

GOSPODARSKA KNJIŽNICA SELJAČKE SLOGE

1. PIRNAT: Povrćarstvo	100.—
2. PRIOL: Voće	41.—
3. STIPETIĆ: Vino od berbe do prodaje	25.—
4. TURKOVIĆ: Rezanje i uzgoj vinove loze	21.—
5. MANDEKIĆ: Gnoj i gnojidba	38.50
6. GELJCER: Mikroorganizmi u seljačkom gospodarstvu	12.—
7. PIRNAT: Borba protiv suše	11.—
8. BELJANIN: Put do visokih priroda žitarica	17.50

20084/62